標準化教育プログラム［機械安全分野］

第2章　機械類の設計の一般原則

本資料は，経済産業省委託事業である「平成19年度基準認証研究開発事業（標準化に関する研修・教育プログラムの開発）」の成果である。

改訂日：2009年2月23日
制　作：明治大学 教授 向殿政男

学習のねらい ・・・・・ 第2章 機械類の設計の一般原則

1　保護方策（安全方策）の全体概要と考え方を理解する。

2　本質的安全設計方策の規定について、その要点を習得する。

3　安全防護策の規定について、その要点を習得する。

4　使用上の情報の規定について、その要点を習得する。

5　設計者の責任範囲と使用者の責任範囲を認識する。

目　次 ・・・・・ 第2章 機械類の設計の一般原則

1　設計のための一般原則－保護方策(安全方策)①

ISO12100-1:2003定義

保護方策(Protective measure):

リスク低減を達成することを意図した方策。
次により実行される。

－設計者による(本質的安全設計方策，安全防護及び付加保護方策，使用上の情報)及び

－使用者による(組織:安全作業手順，監督，作業許可システム;追加安全防護物の準備及び使用;保護具の使用;訓練)

優先順位

・リスクアセスメントに基づき，本質的安全設計方策，安全防護策，使用上の情報という三つの方法を用いて，傷害及び健康障害のリスクを，できるだけ低いレベルまで低減することが要求される。

◆ 解　説

ISO12100で規定する保護方策は、「設計者による方策」に限定される。「使用者による方策」は、適用範囲外である。

「設計者による方策」は、「本質的安全設計方策」、「安全防護策及び付加保護方策」、「使用上の情報」の三つであり、優先順位付けがなされていることが重要である。

また、保護方策は、「リスクアセスメント」を実施し、その結果に基づいて選択すること。「リスクアセスメント」を省いてはならない。

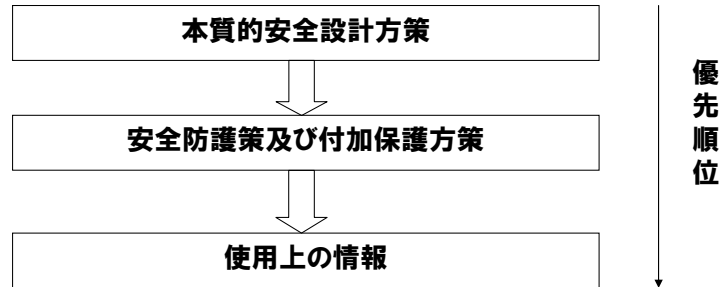
p.5に「設計者による方策」を明確にしている。

◆参考資料

1　ISO12100-1:2003, Safety of machinery －Basic concepts, general principles for design －Part 1:Basic terminology, methodology

2　ISO/IEC Guide51:1999, Safety aspects－Guidelines for their inclusion in standards

1　設計のための一般原則－保護方策(安全方策)②

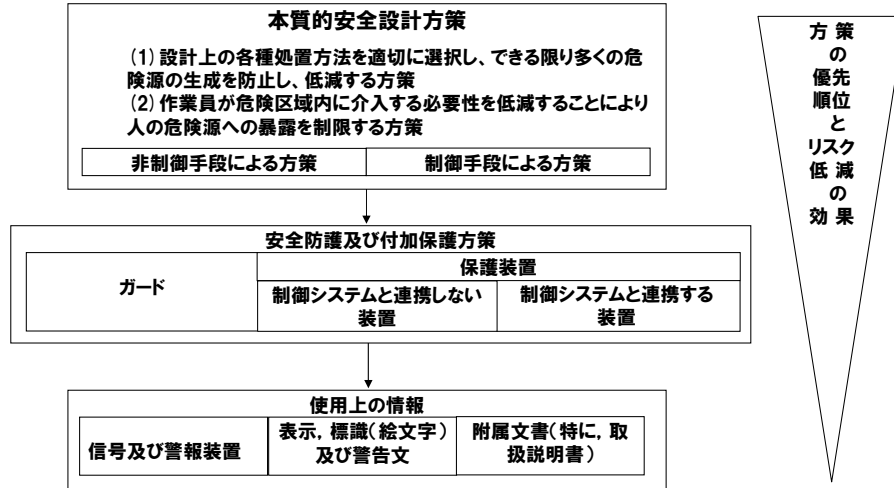
ISO12100では、設計者による保護方策のみを対象としている。

・この方策は、優先順位付けされている。

・この優先順位付けされた3方策は、3ステップメソッドといわれる。

◆ 解　説

このページでは、次の3点のみを強調すればよい。
①ISO12100は、設計者のみを対象としていること
②方策は、優先順位付けがなされているということ
③この方策は、3ステップメソッドと呼ばれること
参考:p.4の解説

◆参考資料

1　ISO12100-1:2003, Safety of machinery －Basic concepts, general principles for design －Part 1:Basic terminology, methodology

◆ 解　説

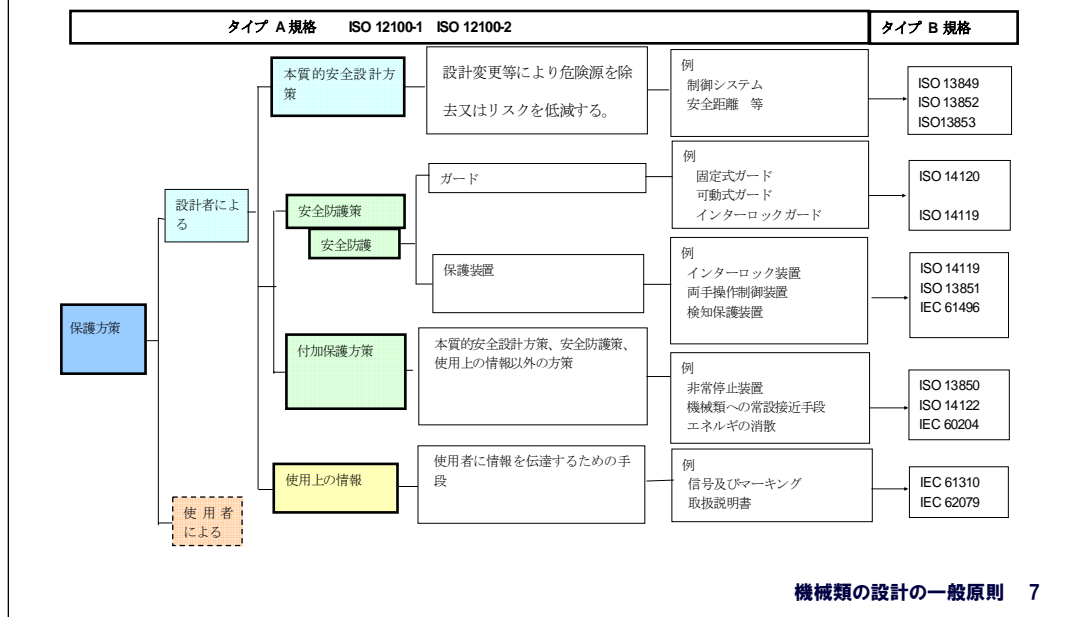
p.5の分類をさらに細かく分けたものである。

本質的安全設計方策においては、制御手段と非制御手段による方策に分　類できる。制御手段による方策とは、制御システムで故障、不具合を生じないように意図する機能を実行し、人に危害を生じる機械の危険な動きを防止する対策や故障しても、故障に対する抵抗性を高めることにより、安全性を確保する方策などがあげられる。また、非制御手段による方策としては、危険な箇所をなくす方法やオペレータの精神的、肉体的疲労などを低減する人間工学原則を適用する方法などが規定されている。

安全防護策及び付加保護方策では、ガードと保護装置（安全装置）による方策が規定され、ガードについては、危険な箇所への接近防止策として、保護装置については、機械の危険な動きを停止させる方策として規定がなされる。なお、保護装置については、ライト（光）カーテンや圧力検知マットなどの人の進入・存在検知装置や両手操作制御装置、イネーブル装置、ホールド・トゥ・ラン制御装置などの人が意図的に起動し、操作者の保護のための装置、またその他、重要な規定としてインタロック装置などが規定され、これらの装置は、制御システムと連携する装置として示される。このほか、各種保護装置が規定されるが、くさびや車輪止めなどの機械的拘束装置は制御システムと連携しない装置として示される。

また、付加保護方策としては、非常停止、機械類へ安全に接近するためのはしごやプラットフォーム、人の救出手段などが規定されるが、非常停止は特に重要であり、原則省略することはできない。

◆参考資料

1　宮崎浩一，向殿政男，機械安全，（財）日本規格協会，2007年

◆ 解　説

上図は、ISO12100で規定される保護方策の分類である。上図では「安全防護策」と「付加保護方策」の内容を説明するため便宜上分けてあるが、両方あわせて「2ndステップ」と考える。「付加保護方策」は、支援安全機能であるということに留意する。

◆参考文献

1　T.Osaka, International standards on “Safety of Machinery”, the seminar on Enhancement of the International standardization Activities in Asia Pacific Region,2002.

2 本質的安全設計方策－本質的安全設計とは①

ISO12100-1:2003定義

本質的安全設計方策：

ガード又は保護装置を使用しないで、機械の設計又は運転特性を変更することにより、危険源を取り除くか又は危険源に関連するリスクを低減する保護方策。

二つに大別される

1. 設計上の各種処置方法を適切に選択し、できる限り多くの危険源の生成を防止し、低減すること。
2. 作業員が危険区域内に介入する必要性を低減することにより、人の危険源への暴露を制限すること。

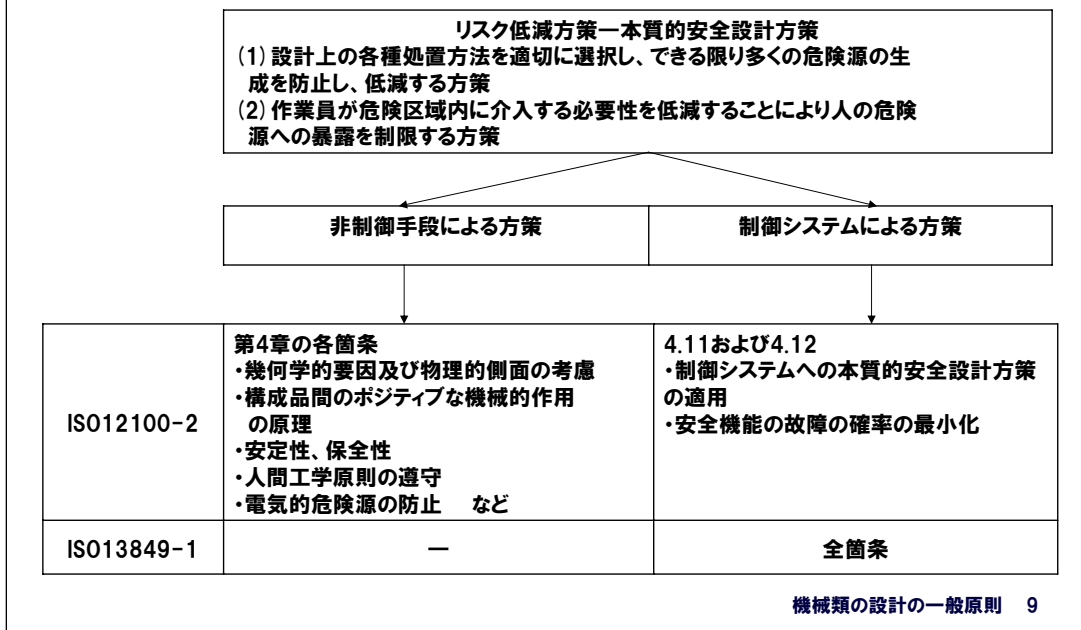
◆ 解 説

1.は、危害の要因を取り除く、あるいはその要因から生じる危害の程度が小さくなるように設計処置を講じることであり、規定内容は，幾何学的及び物理的要素に関する配慮，機械設計に関する一般的技術知識の考慮，機械的結合の安全原則，人間工学原則の遵守，制御システム設計上の安全原則，安全機能故障の確率の最小化，空圧／液圧設備の危険源防止，電気的危険源の防止などで構成される（なお、本資料では、本質的安全設計方策のすべてを説明しているわけではなく、重要と思われる点のみを取り上げている）。

2.については、危険なところに行かない、又は行く頻度を減らせば危害に会うことが少ないという考え方に基づく方策であり、規定内容は、設備の信頼性をあげることにより修正等の介入の機会を制限する方法、搬入（供給）又は搬出（取出し）作業を機械化及び自動化することにより危険な箇所への接近を制限する方法、設定（段取り等）及び保全の作業位置を危険区域外とすることにより危険な箇所への接近を制限する方法が規定される。

◆参考資料

1 ISO12100-2:2003, Safety of machinery －Basic concepts, general principles for design －Part 2:Technical principles

2 宮崎、向殿,安全の国際規格-第2巻 機械安全-ISO 12100-2、機械類の安全性-設計のための基本概念、一般原則―第2部：技術原則―

◆ 解　説

制御システムによる方策は、ISO12100-2, 4.11および4.12並びにISO13849-1で規定され、非制御手段による方策は、ISO12100-2の4章の各条項で規定され、また、他の規格を引用し、詳細を規定する。保護装置などは、機械の制御システムと連携するが、この規格では安全防護策として分類されているのでここでは省略している。なお、ISO13849-1とともに、IEC62061と呼ばれる機能安全規格も最近発行されており、ISO13849-1に代わってこちらを使用する場合もある。

◆参考資料

1　宮崎浩一, 向殿政男, 機械安全, (財)日本規格協会, 2007年

2　本質的安全設計方策－設計上の各種処置方法①

①幾何学的要因に関する配慮
・視認性の確保
・鋭利な端部及び角部，突出部を回避する方法。
・機械構成部品の形状及び相対位置

②物理的要因に関する考慮
・エネルギの制限
・エミッションの制限

◆ 解　説

①について

視認性の確保：被制御の機械の可動区域やその周辺区域をオペレータが直接的に視認することにより，危険区域に作業者が存在・進入することを防止する方策である。

鋭利な端部及び角部，突出部を回避する方法：人がその部位に触れることにより，怪我をしないようにすることやバリなどに作業員の衣服が捕捉され，危険な機械の可動要素に捕まって傷害を生じることがないようにするための方策である。

機械構成部品の形状及び相対位置：可動部分間、可動部分と固定部分に人が挟まれないようにする方策や危険な機械可動部分から十分な距離をとることにより、傷害を防止する方策である。

②について

エネルギの制限：作用エネルギの制限、力の流れの遮断、構成部品の弾性の利用、が主な方策となる。作用エネルギの制限は、人体が傷害を受けないように、機械の可動部分のエネルギを低いレベルに制限する方法であり、力の流れの遮断は、人体部位と危険箇所間の力の流れを人体が感じる痛みの限界値に達する前に遮断する方法である。構成部品の弾性の利用は、適切な材料を選択する等により、構成部品の剛性および強度を低減し、人体部位が捕捉されても、人体が被る傷害のエネルギを構成部品に移す方策である。

エミッションの制限：騒音、危険物質、振動、放射を源（Source）で低減する方策である。

◆参考資料

1　ISO12100-2:2003, Safety of machinery －Basic concepts, general principles for design －Part 2:Technical principles

2　宮崎、向殿,安全の国際規格-第2巻　機械安全-ISO 12100-2、機械類の安全性-設計のための基本概念、一般原則—第2部：技術原則—

2 本質的安全設計方策－設計上の各種処置方法②

③機械的結合の安全原則
・ポジティブな機械的作用原理

④人間工学原則の遵守
・ストレス発生の回避
・騒音，振動，高温等の回避
・作業／自動運転間の同期の回避
・適切な照明の採用
・スイッチ等の適切な配置
・指示・表示等の適切な配置

◆ 解 説

③機械的結合の安全原則：一つの可動な機械的構成品が直接接触して、 又は剛性要素を介して他の機械的構成品に連動する作用原理をポジティブな機械的作用原理と呼ぶ。機械安全分野では、一般的で、かつ重要な原理である。

例は、p.13参照。

◆参考資料

1 ISO12100-2:2003, Safety of machinery －Basic concepts, general principles for design －Part 2:Technical principles

2 （社）日本機械工業連合会編、向殿政男監修、ISO「機械安全」国際規格、日刊工業新聞社、1999年

2 本質的安全設計方策－設計上の各種処置方法③

⑤制御システム設計上の安全原則
・機械起動／停止の論理的原則
・動力中断後の再起動防止
・自動監視の採用
・プログラマブル電子システム採用上の注意事項
・手動制御器に関する安全原則
・制御／運転モードの扱い上の留意事項　等

⑥安全機能故障の確率の最小化
・非対称故障モードの採用
・重要構成要素の冗長化、ダイバーシティーによる方法　等

＊制御システムの安全関連部の設計は、ISO13849-1, Safety of machinery－Safety-related parts of control systems－Part 1: General principles for designを使用することができる。

◆ 解　説

制御システムの設計に誤りや不適切な部分があったり、構成部品に故障が発生したり動力源が変動・故障したりすると、

(1)意図しない・予期しない機械の起動
(2)無制御状態の速度変化
(3)運動部分の停止不能
(4)加工物等の落下や放出
(5)安全装置の機能停止

などが生じて、危害が人間に及ぶ可能性がある。

これらを防止するための制御設計上の原則として、上の安全原則が規定される。

制御システムの設計については、特にISO13849-1を参考にする必要がある。ISO13849-1は、制御システムの安全関連部の設計に関する規格であり、制御システムの安全設計に関しては、この規格に準じることが、現時点では最善の方法である。

・用語の説明

ダイバーシティー：多重化する際、異なる技術を用いて信頼性を向上させる技術。例えば、インターロックガードの場合、ガードの位置検出にA接点とB接点のリミットスイッチを使用するなど。演習問題Aの解答例参照。

◆参考資料

1　ISO12100-2:2003, Safety of machinery －Basic concepts, general principles for design －Part 2:Technical principles

2　ISO13849-1:1999,　Safety of machinery － Safety-related parts of control systems － Part1:General principles for design

2 本質的安全設計方策－設計上の各種処置方法④

⑦電気的危険源の防止
　－感電、やけどの防止

◆ 解　説

電気的危険源は、感電、やけどである。感電、やけどは、電圧のかかった
充電部に触れることにより生じるが、この原因は、直接接触と間接接触の二つに分類できる。
「直接接触」とは、機械の中で通常電圧がかかっている部分に触れて感電、やけどをすることである。
「間接接触」とは、通電部分から絶縁されていて普段電圧がかかるはずの
ない機械本体やカバー、ハンドルといった導電性構成部分に絶縁破壊がおこり電圧がかかることにより、感電、やけどをすることである。

◆参考資料

1　IEC60204-1:1997, Safety of machinery－Electrical equipment of
machines－Part 1: General requirements

2 本質的安全設計方策－危険区域への進入の必要性を低減する方法

①設備の信頼性による危険源への暴露機会の制限

②搬入（供給）／搬出（取り出し）作業の機械化及び自動化による危険源への暴露機会の制限

③設定（段取り等）及び保全の作業位置を危険区域外とすることによる危険源への暴露機会の制限

◆ 解 説

ここで規定される内容は、危険な箇所に行かない、又は行く回数を低減することにより、人が傷害を被る機会を低減する方策である。

①設備の信頼性の向上は、修正を要する事態の発生頻度を低減させる。安全機能を遂行するコンポーネントは、特に信頼性の高いものにしなければならない。

②自動化は，例えば，ロボット，ハンドリング装置，移送機構又はエアーブラスト設備を用いることによって達成できる。機械化は，例えば，送りスライド，プッシュロッド又は手操作のインデックステーブルを用いることによって達成できる。

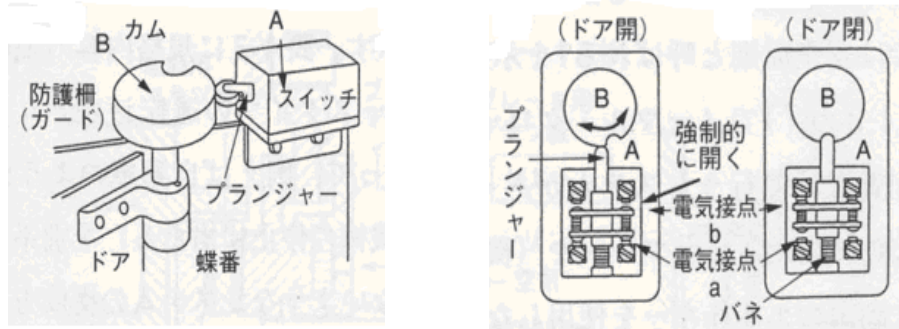
③保全，給油及び設定（段取り等）の作業位置を危険区域外にすることによって危険区域に接近する必要性を最小化する。

◆参考資料

1 ISO12100-2:2003, Safety of machinery －Basic concepts, general principles for design －Part 2:Technical principles

2 本質的安全設計方策－本質的安全設計の例①

構成品間のポジティブな機械作用の原理の採用

・ポジティブモードで結合（機械的構成部品が直接、または剛体要素を介して他の機械的構成部品に連動させる）

◆ 解 説

カム位置検出器を備えたインターロックガードの例である。カムの回転によりAの位置検出器のプランジャを押し、内部の電気接点を強制的に引き剥がす例である。上図Aの位置検出器はB接点タイプである。その構成は右図で示されている。カムとプランジャは剛性要素で構成されており、カムの回転により強制的に接点を引き剥がす。

◆参考資料

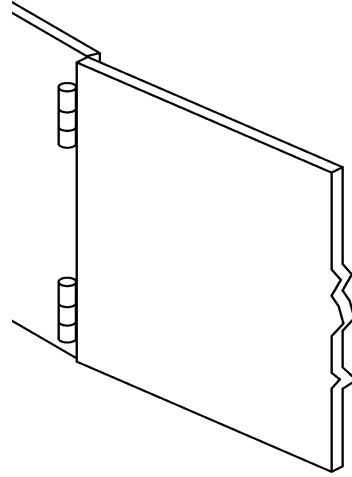
1 ISO12100-2:2003, Safety of machinery －Basic concepts, general principles for design －Part 2:Technical principles

2 宮崎、向殿,安全の国際規格-第2巻 機械安全-ISO 12100-2、機械類の安全性-設計のための基本概念、一般原則―第2部：技術原則―

3 （社）日本機械工業連合会編、向殿政男監修、ISO「機械安全」国際規格、図4-2p71日刊工業新聞社、1999年

2 本質的安全設計方策－本質的安全設計の例②

幾何学的要因を考慮することによる本質的安全設計方策

・鋭利なたん部，角部の削除は，人がその部位に触れることにより，怪我をしないようにすることやバリなどに作業員の衣服が捕捉され，危険な機械の稼動要素に捕まって傷害を生じることがないようにする

◆ 解 説

上図の括弧内の説明で十分である。つまり、バリ等を取ること。
P.8も参照。

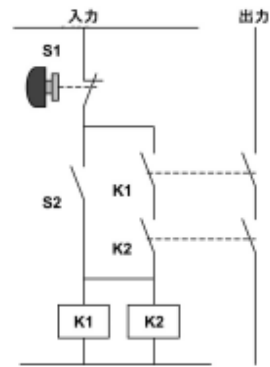
◆参考資料

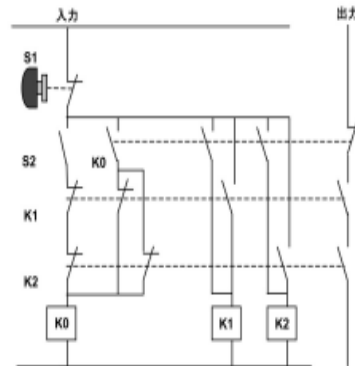
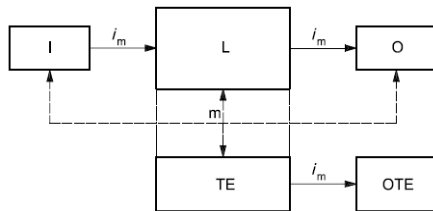
1 ISO12100-2:2003, Safety of machinery －Basic concepts, general principles for design －Part 2:Technical principles

2 宮崎、向殿,安全の国際規格-第2巻 機械安全-ISO 12100-2、機械類の安全性-設計のための基本概念、一般原則―第2部:技術原則―

2 本質的安全設計方策－本質的安全設計の例③-ISO13849-1に基づくカテゴリ1のアーキテクチャと非常停止におけるカテゴリ1構成例

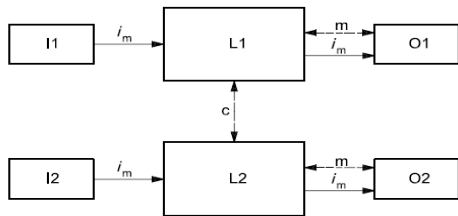
記号の説明
I：入力L：論理
O：出力　　　　*i*m：内部接続

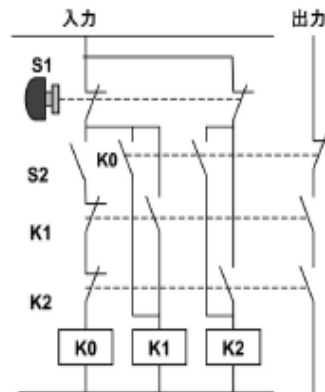
a)カテゴリ1のアーキテクチャ

b)非常停止におけるカテゴリ1構成例

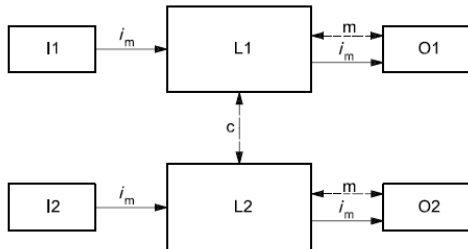
2 本質的安全設計方策－本質的安全設計の例③－ ISO13849-1に基づくカテゴリ2のアーキテクチャと非常停止におけるカテゴリ2構成例

記号の説明
I：入力　　　　L：論理　O：出力
i_m：内部接続　　m：モニタリング
TE：テスト装置 OTE：テスト装置の出力

a)カテゴリ2のアーキテクチャ

b)非常停止におけるカテゴリ2構成例

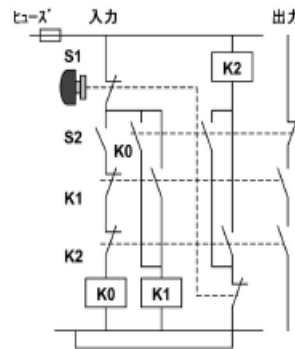
2 本質的安全設計方策－本質的安全設計の例③-
ISO13849-1に基づくカテゴリ3のアーキテクチャと非常停止におけるカテゴリ3構成例

記号の説明
I：入力　　L：論理　O：出力
i_m：内部接続　　m：モニタリング

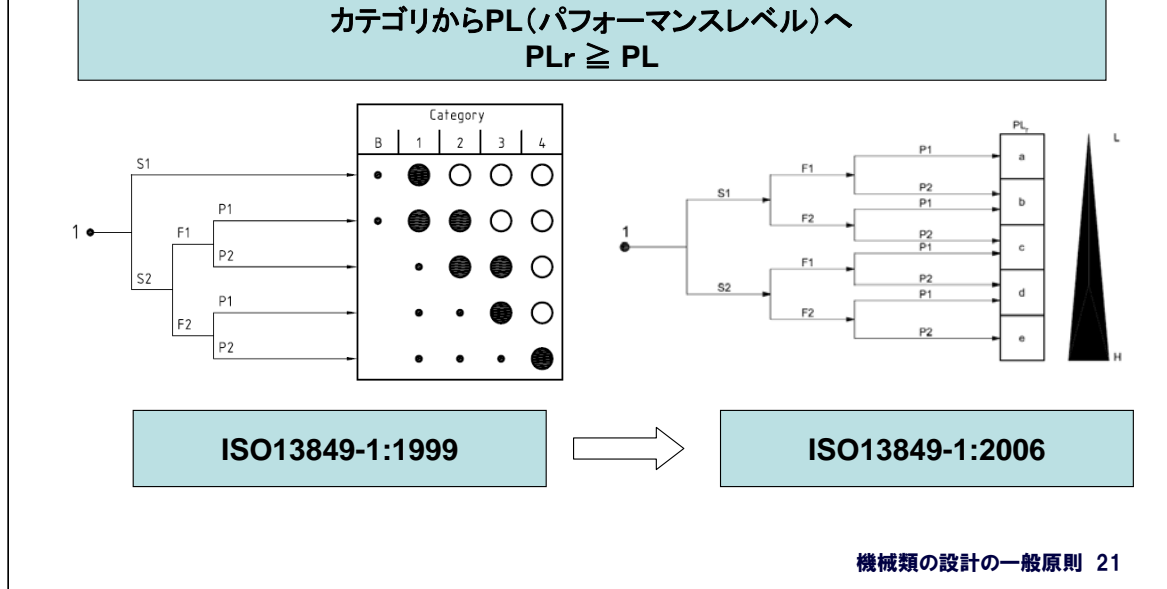
a)カテゴリ3のアーキテクチャ

b)非常停止におけるカテゴリ3構成例

2　本質的安全設計方策－本質的安全設計の例③－
ISO13849－1に基づくカテゴリ4のアーキテクチャと非常停止におけるカテゴリ4構成例

記号の説明

I：入力　　L：論理　O：出力

i_m：内部接続　　m：モニタリング

a)カテゴリ4のアーキテクチャ

b)非常停止におけるカテゴリ4構成例

2 本質的安全設計方策－本質的安全設計の例③- ISO13849-1:1999とISO13849-1:2006との差異

◆ 解 説

ここでは、制御システムの安全関連部の設計のための規格であるISO13849-1が改訂されていることに触れる。第1版は1999年で、第2版は2006年発行である。

大きな改訂が施されているため、改訂の概要を示す。

◆参考資料

1 ISO13849-1:1999, Safety of machinery －Safety-related parts of control systems - Part1:General principles for design.

2 ISO13849-1:2006, Safety of machinery －Safety-related parts of control systems - Part1:General principles for design.

3 宮崎、向殿,安全の国際規格-第2巻 機械安全-ISO 12100-2、機械類の安全性-設計のための基本概念、一般原則―第2部：技術原則―

2 本質的安全設計方策－本質的安全設計の例③－ ISO13849－1:1999とISO13849－1:2006との差異

PL	時間当たりの危険側 故障発生の平均確率	PLの説明
a	10^{-5} ≦ PDF ＜10^{-4}	S1は、危害の程度が回復する怪我とされる。回復する危害しか予想されない場合、F（頻度）とP（回避可能性）に関らず、PLaでよいとされる。
b	3×10^{-6} ≦ PDF ＜10^{-5}	S1は、危害の程度が回復する危害とされる。回復する危害しか予想されない場合、危険源の発生頻度は、F1＝まれから低頻度、又はさらされる時間が短い、とF2＝高頻度から連続、又はさらされる時間が長い、場合が想定される。
c	10^{-6} ≦ PDF ＜3×10^{-6}	S1とS2の場合が考えられる。S1の場合、危険源にさらされる時間は、F2＝高頻度から連続、又はさらされる時間が長い、であり、その回避は不可能な場合である。 また、S2の場合、危険源にさらされる時間は、F1＝まれから低頻度、又はさらされる時間が短い、であり、その回避がある条件では可能な場合である。
d	10^{-7} ≦ PDF ＜10^{-6}	S2であり、危険源にさらされる時間は、F1＝まれから低頻度、又はさらされる時間が短い、F2＝高頻度から連続、又はさらされる時間が長い、であり、その回避が不可能な場合と、ある条件では、可能な場合である。
e	10^{-8} ≦ PDF ＜10^{-7}	最悪の場合を想定しており、危害の回復は不可能であり、危険源の発生頻度もF2＝高頻度から連続、又はさらされる時間が長い、回避は不可能な場合である。

＊PDF＝Probability of dangerous failure

2 本質的安全設計方策－本質的安全設計の例③-ISO13849-1:1999とISO13849-1:2006との差異

PLを決定するための要素

確定論	
カテゴリ	システムの構造 B,1,2,3,4

←→ 1999年版

＋

確率論	
MTTFd	危険側故障平均時間
DC	診断範囲 （安全性能診断レベル）
CCF	共通原因故障

←→ 2006年版

2 本質的安全設計方策－本質的安全設計の例③-
ISO13849－1:1999とISO13849－1:2006との差異

2006年版

1999年版

Cat	要求事項要約	システム挙動	各チャンネルの $MTTF_d$	DC_{avg}	CCF
B	コンポーネント，SRP/CS及び／又は保護設備は予想される影響に耐えるように，関連規格に従って設計，製造，選択，組立，組み合わされること。	障害発生時,安全機能の喪失を招くことがある。	低―中	なし	関連なし
1	Bの要求事項が適用されること。十分吟味されたコンポーネント及び安全原則を用いること。	障害発生時,安全機能の喪失を招くことがあるが，発生する確率はカテゴリBより低い。	高	なし	関連なし
2	Bの要求事項及び十分吟味された安全原則の使用が適用されること。安全機能は機械の制御システムにより適切な間隔でチェックされること。	チェックの間の障害の発生が安全機能の喪失を招くことがある。 安全機能の喪失はチェックによって検出される。	低―高	低―中	ISO13849-1附属書F
3	Bの要求事項及び十分吟味された安全原則の使用が適用されること。安全関連部は次のように設計されていること。 ―いずれの部分の単一障害も安全機能の喪失を招かない。 ―合理的に実施可能な場合は常に単一障害が検出される。	単一障害発生時，安全機能が常に機能する。すべてではないが障害のいくつかは検出される。検出されない障害の蓄積で安全機能の喪失を招くことがある。	低―高	低―中	ISO13849-1附属書F
4	Bの要求事項及び十分吟味された安全原則の使用が適用されること。安全関連部は次のように設計されること。 ―いずれの部分の単一の障害も安全機能の喪失を招かない。かつ ―単一障害は，安全機能に対する次の動作要求のとき，又はそれ以前に検出される。それが不可能な場合，障害の蓄積が安全機能の喪失を招かないこと。	―障害発生時，安全機能が常に機能する。 ―故障はやがて検出され，安全機能の喪失を防止する。	高	高 障害の蓄積を含む	ISO13849-1附属書F

3 安全防護策－安全防護策とは①

ISO12100-1:2003定義:

安全防護策:

本質的安全設計方策により合理的に除去できない危険源、又は十分に低減できないリスクから人を保護するための安全防護物の使用による保護方策。

三つに分類される

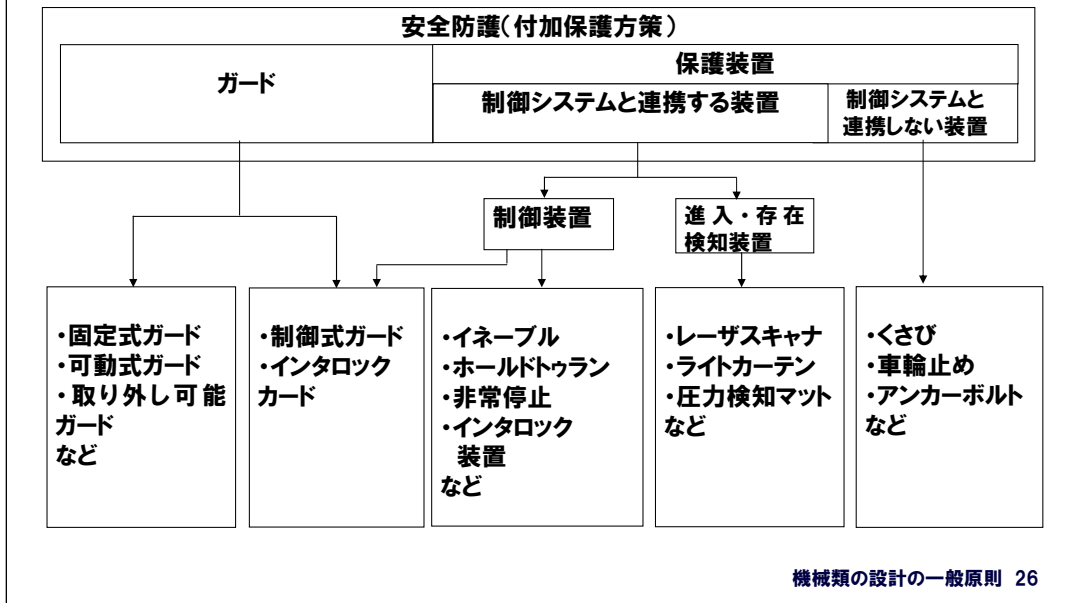
・ガード
・保護装置
・付加保護方策

◆ 解 説

安全防護策は，本質的安全設計方策に続く、2ndステップにあたる。「本質的安全設計方策」によるリスク低減が十分でない場合、この方策が必要とされる。安全防護策は、通常二つに分類される。一つは、ガードであり、もう一つは、センサなどの保護装置である。なお、上図では、付加保護方策を含み三つに分類しているが、非常停止などの付加保護方策は、支援安全機能であり、ガードや保護装置と同等の方策と考えるべきではない。

◆参考資料

1 ISO12100-2:2003, Safety of machinery －Basic concepts, general principles for design －Part 2:Technical principles

2 宮崎、向殿,安全の国際規格-第2巻 機械安全-ISO 12100-2、機械類の安全性-設計のための基本概念、一般原則―第2部:技術原則―

◆ 解　説

上図では、安全防護策が、ISO12100の定義どおり、「ガード」と「保護装置」に大きく分類されている。さらに細かく分類すると、ガードには、固定式ガードや可動式ガードなど様々な種類のガードがある。保護装置については、まず制御システムと連携する装置と連携しない装置に分類され、制御システムと連携する装置は、さらにインタロック装置、両手操作制御装置やイネーブル装置などの「制御装置」と危険区域への人の進入と存在を検知するライト（光）カーテンや圧力検知マットなどの「進入・存在検知装置」に分類される。インタロックガードについては、ガードと様々なインタロック装置が共同で働くものであり、上図では、両方に分類してある。

◆参考資料

1　宮崎浩一，向殿政男，機械安全，（財）日本規格協会，2007年

3 安全防護策－ガード①

ISO12100-1:2003定義（一部抜粋）

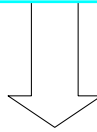
ガード:

保護するために機械の一部として設計された物理的なバリア。

備考1. ガードは，次のように機能する。

－ 単独の場合：可動式ガードでは“閉じた状態”のときだけ有効であり，固定式ガードでは“確実に取り付けられている状態”のときだけ有効である。

－ ガード施錠式又は施錠なしのインターロック装置と組み合わせる場合：ガードの位置によらず，保護が確実にされる。

備考2. ガードはその設計によって，例えば，ケーシング，シールド，カバー，スクリーン，ドア，囲いガードと呼ばれる場合がある。

◆ 解　説

ガードは、保護のために機械の一部として設計された物理的なバリアを言い、ガードで囲まれた空間への接近の防止及び機械からの放出される材料、ワークピース、切粉、流体の封じ込め、また機械により生成される騒音、放射、粉塵、灰煙、ガスのような危険物質の低減の機能を達成しなければならない。さらに、電気、温度、火災、爆発、振動、視認性などに関する特定の要件を満たさなければならない場合がある。

ガードには、様々な種類があり、作業特性により適切なものを選択する。ガード選択には、ユニットアプローチと全体アプローチがある。

ユニットアプローチとは、個々の危険源に対して個別に，固有の保護手段を講じるアプローチ。

全体アプローチとは、機械を全体として考える包括的なアレンジメントである。

◆参考資料

1 ISO12100-2:2003, Safety of machinery －Basic concepts, general principles for design －Part 2:Technical principles

2 宮崎、向殿,安全の国際規格-第2巻　機械安全-ISO 12100-2、機械類の安全性-設計のための基本概念、一般原則―第2部：技術原則―

3 J. Ridley, D Pearce, Safety with machinery, Butterworth-Heinemann,2006

3 安全防護策－ガード②

ガードの種類	ガードの説明
固定式ガード	所定位置に固定されているガード。解錠には工具が必要。
可動式ガード	工具なしで，開閉可能なガード。
調整式ガード	機械の停止中に一部が調整可能なガード。
囲いガード	全ての面から危険区域への接近を防止するガード。
距離ガード	危険区域を完全に囲うのではなく，危険区域からその寸法及び距離により接近の危険を防止又は低減するガード。例えば，周辺フェンス又はトンネルガードによる。
動力作動ガード	人又は重力とは別の動力源からの力により作動する可動式ガード。
自己閉鎖式ガード	機械要素（例えば，可動テーブル）又はワークピース若しくはジグの一部により作動する可動式ガードであり，ワークピース（及びジグ）が通りぬけることのできる開口部を通りぬけるとすぐに，自動的に閉位置にもどる（重力，ばね，その他の外部動力などによる）。
制御式ガード	インターロック機能を付加したガードであり，ガード開では機械は起動しない。ガード閉で機械が起動する。
インターロック付きガード	機械要素の運転をやめるための機械的，電気的装置を付加したガード。
施錠式インターロック付きガード	施錠装置を備えたインターロック付きガード。

◆ 解 説

大きな分類は、固定式ガードと可動式ガードである。
可動式ガードには、機械の制御システムと連携するガードと連携しないガードがある。
連携するガードは、各種インターロックガードである。

◆参考資料

1 ISO14120:2002, Safety of machinery - Guards - General requirements for the design and construction of fixed and movable guards
2 ISO14119:1996, Safety of machinery - Interlocking devices associated with guard - Principles for design and selection
3 ISO12100-2:2003, Safety of machinery －Basic concepts, general principles for design －Part 2:Technical principles
4 宮崎、向殿,安全の国際規格-第2巻 機械安全-ISO 12100-2、機械類の安全性-設計のための基本概念、一般原則―第2部：技術原則―

3 安全防護策－保護装置(安全装置)

ISO12100-1:2003定義(下線部分は、原文にはない)
保護装置:ガード以外の安全防護物(機械制御システムとの連携あり／なし)

保護装置の種類	保護装置の説明
インターロック装置／インターロック	危険な機械機能の運転を防ぐことを目的とした機械装置、電気装置、又はその他の装置
イネーブル装置	起動制御に連続して用いる調整又は保全などの補足的な手動操作装置である。
ホールド・ツー・ラン制御装置	手動制御器を作動させている限り、開始指令を出し、かつ維持する制御装置
両手操作制御装置	操作する人のみを保護する装置であり、両手による同時操作を少なくても必要とする制御装置
検知保護設備	人を検出する設備で、制御システムに対して適切な信号を生成する設備(光カーテン、レーザスキャナ、圧力検知マット、トリップバー、トリップワイヤなど)
機械的拘束装置	機械的障害(例えば、くさび、スピンドル、支柱、車輪止め)を組み込んだ装置
制限装置	機械又は危険な機械条件が設計限界(例えば、空間の限界、圧力限界、負荷モーメント限界)を超えないように制限する装置

◆ 解　説

保護装置は、大きくは二つに分類できる。

「制御装置」:両手操作制御装置、ホールドツゥラン制御装置などオペレータが常時、直接制御するタイプ。

「進入・存在検知装置」:圧力検知マット、ライトカーテンなど人の存在・進入を検知するタイプ。

その他「機械の制御システムと連携しない装置」として、くさび、車止めなどもあるが、この資料では取り扱わない(説明しなくても理解できるため)。

◆参考資料

1 ISO12100-2:2003, Safety of machinery －Basic concepts, general principles for design －Part 2:Technical principles

2 宮崎、向殿,安全の国際規格-第2巻　機械安全-ISO 12100-2、機械類の安全性-設計のための基本概念、一般原則―第2部:技術原則―

3 安全防護策－ガード及び保護装置に関する設計要求事項

①危険源、意図する使用を考慮して設計する
②機械の作業環境に適合し、かつ無効化できないように設計する
③作業の妨げになることを最小にする
④頑丈な構造にする
⑤新たな危険源を生じない
⑥不作動化が容易にできない
⑦危険区域から適切な距離に配置
⑧生産工程視認の妨げにならない
⑨可能であれば、ガード又は保護装置の除去なしに保全等の作業を可能とする。
など

◆ 解　説

ガードや保護装置が、作業環境に適合していなかったり、作業の妨げになったりすると、作業者は、ガードや保護装置を無効化させる衝動にかられることがある。そのため、上の要求事項を十分考慮する必要がある。

また、これらの装置は、ワークピースなどの小片により破損する恐れもあるので、剛性などにも十分配慮する必要がある。

◆参考資料

1 ISO12100-2:2003, Safety of machinery －Basic concepts, general principles for design －Part 2:Technical principles

2 宮崎、向殿,安全の国際規格-第2巻　機械安全-ISO 12100-2、機械類の安全性-設計のための基本概念、一般原則—第2部：技術原則—

3 安全防護策－付加保護方策とは①

ISO12100-2:2003, 5.5(一部抜粋)

付加保護方策:

機械の"意図する使用"及び合理的に予見可能な機械の誤使用によって必要なとき，本質的安全設計方策でなく，安全防護(ガード及び／又は保護装置の実施)でもなく，使用上の情報でもない保護方策を実施 しなければならない場合がある。この様な場合に講じる方策。

・付加保護方策の例

①非常停止

②遮断及びエネルギの消散に関する方策

③捕捉された人の脱出及び救助のための方策

④機械及び重量構成部品の容易，かつ安全な取り扱いに関する準備

⑤機械類への安全な接近に関する方策

◆ 解 説

2ndステップの一つであるが、ガードやライトカーテンなどの保護装置と同等と考えてはいけない。

「付加保護方策」は、支援安全機能と捉える。

Ex.「非常停止装置を設けたので、ガードはいらない」と考えてはいけない。

◆参考資料

1 ISO12100-2:2003, Safety of machinery －Basic concepts, general principles for design －Part 2:Technical principles

2 宮崎、向殿,安全の国際規格-第2巻 機械安全-ISO 12100-2、機械類の安全性-設計のための基本概念、一般原則―第2部:技術原則―

3 安全防護策－付加保護方策とは②

①非常停止：
　現実に発生している，又は切迫した非常事態を回避するための方策であり、次のことを意図する機能。
－ 人に対する危険源を又は機械類若しくは工程中のワークへの損害 を避けるか
　又は低減する。
－ 人間の単一の動作によって停止指令を出す。

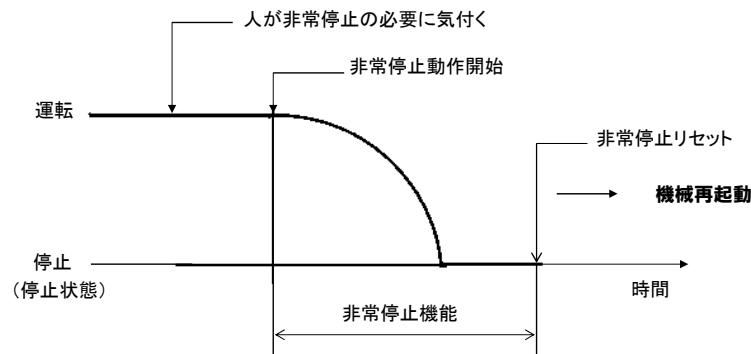



図　非常停止機能

機械類の設計の一般原則 32

◆ 解　説

上図では，人が非常事態に気づき，非常停止装置を押すと，非常停止動作を開始し停止状態になり，かつリセット信号が入力されるまで維持されることが示されている。

このことはすべての機械の機能に優先しなければならず，非常停止機能がリセットされるまで，その機能を維持し続けなければならない（非常停止機能の要求事項については、p.22を参照）。

また通常の保護装置として，使用するのではなく，あくまで，支援機能としての役割である。

◆参考資料

1 ISO13850:1996, Safety of machinery – Emergency stop – Principles for design
2 JIS B 9703:2000,機械類の安全性－設計原則,図1,p.2
2 ISO12100-2:2003, Safety of machinery －Basic concepts, general principles for design －Part 2:Technical principles
3 宮崎、向殿,安全の国際規格-第2巻　機械安全-ISO 12100-2、機械類の安全性-設計のための基本概念、一般原則―第2部：技術原則―

3 安全防護策－付加保護方策とは③

①非常停止(つづき):

非常停止機能の要求事項:

－非常停止機能は、機械のすべての運転モードに優先する。
－リセットされるまで他のすべての起動信号も有効になってはならない。
－他の安全機能の代替手段にしてはならない。
－非常停止機能は、他の保護装置又は他の安全機能をもつ装置の有効性をそこなってはならない。
－非常停止装置の動作後、非常停止機能は別の危険を発生させることなしに、機械を停止させる。

停止カテゴリ:

カテゴリ0:機械アクチュエータの電源を直接遮断することによる停止(すなわち，非制御停止)
カテゴリ1:機械アクチュエータが停止するために電力を供給し，その後停止したときに電源を遮断する制御停止
カテゴリ2:機械アクチュエータに電力を供給したままにする制御停止。
非常停止は、**カテゴリ0又はカテゴリ1の停止**

◆ 解 説

停止機能をIEC60204-1:1997では、カテゴリとして分類しており，この分類に基づいて、ISO13850においては、非常停止をカテゴリ0又はカテゴリ1の停止機能を有していなければならないとしている。

＊制御停止:制御装置が停止信号を認識すると，例えば指令電気信号をゼロにするが，停止までは，機械アクチュエータへの電気電力を残しておく機械の停止方法。

＊非制御停止:機械アクチュエータへの電力を切ることによる機械動作の停止であり，ブレーキその他の機械的停止装置はすべて動作させるもの。

◆参考資料

1 ISO13850:1996, Safety of machinery – Emergency stop – Principles for design
2 IEC60204-1:1997, Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements
3 ISO12100-2:2003, Safety of machinery －Basic concepts, general principles for design －Part 2:Technical principles
4 宮崎、向殿,安全の国際規格-第2巻 機械安全-ISO 12100-2、機械類の安全性-設計のための基本概念、一般原則—第2部:技術原則—

3 安全防護策ー付加保護方策とは④

②遮断及びエネルギの消散に関する方策：

ー機械（又は機械の決められた部分）をすべての動力供給から遮断（切断，分離）する。

ーすべての遮断装置を“遮断”の位置に施錠する。

ー危険源を生じるおそれのあるすべての蓄積エネルギを消散すること又はこれが不可能若しくは実際的でない場合，抑制する（封じ込める）。

③捕捉された人の脱出及び救助のための方策：

ーオペレータが捕捉される危険源を生じる設備での脱出ルート及び避難場所

ー非常停止後に特定の要素を手で動かすための手段

ー特定の要素を逆転するための手段

ー下へ降りる装置のための係留具

ー捕捉された人が救助を求めることができる伝達の手段

◆ 解 説

②について

・動力源からの遮断に要求される方策は、遮断装置である。

・エネルギの消散、封じ込めに要求される方策は、残留エネルギ抑制／放出装置である。

・コンポーネントの設計・選択・配置に関して、信頼性の高い設計をおこなう。

・システムの構成／構造を吟味する。

③について

上の説明で十分である。

◆参考資料

1 ISO12100-2:2003, Safety of machinery ―Basic concepts, general principles for design ―Part 2:Technical principles

3 安全防護策－付加保護方策とは⑤

④機械及び重量構成部品の容易，かつ安全な取り扱いに関する準備：
手で移動又は運搬ができない機械及びその構成部品については，つり上げ装置による運搬のため適切な附属用具を備えておくか，又は附属用具を取り付けることができるようにする。

⑤機械類への安全な接近に関する方策：
－運転や保全などの作業を地上レベルで行えない場合の方策
プラットフォーム，階段など（ただし，危険区域に接近できないようにする）
－機械類の高所にある部位への接近手段
階段，はしご，プラットフォームのガードレール及び／又ははしごの安全囲いなど（墜落防止）
－歩行区域に関する要求事項
作業時すべらないような材料で製作する。
地上からの高さに応じて，適切なガードレールを備える。

◆ 解　説

④について

上の説明で十分である。

⑤について

上の説明で十分である。

・参考情報

より詳細に知りたい場合は、ISO14122-1～ISO14122-4を参照。

ISO14122-1:2001, Safety of machinery - Permanent means of access to machinery - Part1:Choice of a fixed means of access between two levels

ISO14122-2:2001, Safety of machinery - Permanent means of access to machinery - Part2:Working platforms and walkways

ISO14122-3:2001, Safety of machinery - Permanent means of access to machinery - Part3:Sairs,stepladders and guard-rails

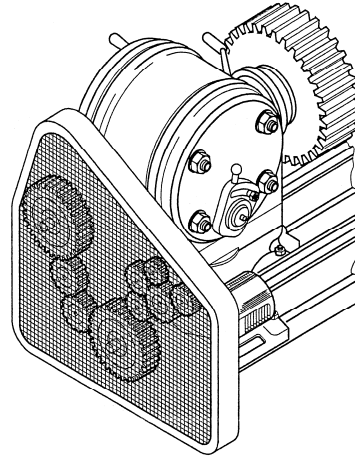
ISO14122-4:2004, Safety of machinery - Permanent means of access to machinery - Part4:Fixed ladders

◆参考資料

1 ISO12100-2:2003, Safety of machinery －Basic concepts, general principles for design －Part 2:Technical principles

2 安全防護策－ガードの例①

固定式ガード

- 囲い式ガード：固定式ガードの一つとして、分類されるガード。
- 手などがギアに巻き込まれないように、危険な可動部分を覆っている。

◆ 解 説

上の説明で十分である。

◆参考情報

より詳細に知りたい場合は、ISO14120を参照。

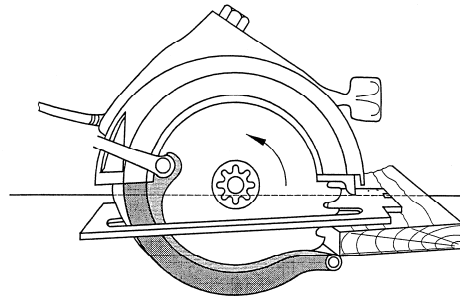
◆参考資料

1 ISO14120:2002, Safety of machinery – Guards – General requirements for the design and construction of fixed and movable guards,図1,p4

2 ISO12100-2:2003, Safety of machinery －Basic concepts, general principles for design －Part 2:Technical principles

2 安全防護策－ガードの例②

可動式ガード

・自己閉鎖式ガード
可動式ガードの一つであり、機械の危険な可動部分を工程中もガードが覆っている。右図は、木材を切断するための電動のこぎりの例であり、材木の切断中は、ブレードをガードが覆い、切断が終了すると、ガードは自動的に閉位置に戻る。

◆ 解　説

上の説明で十分である。

◆参考情報

より詳細に知りたい場合は、ISO14120を参照。

◆参考資料

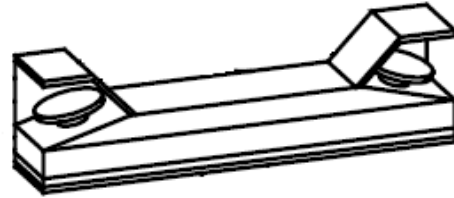
1　ISO14120:2002, Safety of machinery – Guards – General requirements for the design and construction of fixed and movable guards,図4,p5

2　ISO12100-2:2003, Safety of machinery －Basic concepts, general principles for design －Part 2:Technical principles

3　宮崎、向殿,安全の国際規格-第2巻　機械安全-ISO 12100-2、機械類の安全性-設計のための基本概念、一般原則―第2部:技術原則―

2 安全防護策－保護装置の例

両手操作制御装置

- 両手操作制御装置：この装置は、運転するために両手の使用を必要とする制御装置
- 片手で装置を操作することを防止するために、ボタンの上にガードが付いている。
- 制御器（ボタン）間の距離も、片手操作できないように適切な距離に設置されている。

◆ 解 説

制御器（ボタン）間の距離は、次のように規定されている。

①片手の使用による機能不良の防止

少なくとも260 mm（内寸法）分離する。

②同一の腕の手とひじ（肘）の使用による機能不良の防止

少なくとも550 mm（内寸法）分離する。人間工学的理由から, この距離は600 mm を超えないほうがよい。

◆参考資料

1 ISO13851:2002, Safety of machinery - Two-hand control devices - functional aspects and design principles, 図4,p11改

2 ISO12100-2:2003, Safety of machinery －Basic concepts, general principles for design －Part 2:Technical principles

4 使用上の情報－使用上の情報とは①

ISO12100-1:2003定義

使用上の情報:

使用者に情報を伝えるための伝達手段(例えば、文章、語句、標識、信号、記号、図形)を個別に、又は組合わせて使用する保護方策。

三つに分類

・信号及び警報装置
・表示，標識(絵文字)，警告文
・付属文書(特に，取扱説明書)

◆ 解　説

ここでは使用上の情報の種類を知るのみでよい。

◆参考資料

1 ISO12100-2:2003, Safety of machinery －Basic concepts, general principles for design －Part 2:Technical principles

2 宮崎、向殿,安全の国際規格-第2巻　機械安全-ISO 12100-2、機械類の安全性-設計のための基本概念、一般原則―第2部:技術原則―

4 使用上の情報－使用上の情報とは②

①信号及び警報装置：

危険事象の警告のために使用される視覚信号（例えば点滅灯）及び聴覚信号（例えばサイレン）：

－危険事象が発生する前に発せられる。

－曖昧でないこと。

－明確に知覚でき、他の信号と識別できる。

◆ 解　説

上の説明で十分である。

◆参考資料

1 ISO12100-2:2003, Safety of machinery －Basic concepts, general principles for design －Part 2:Technical principles

4 使用上の情報－使用上の情報とは③

②表示、標識(絵文字)、警告文:
- 明確に識別するために，少なくとも、
  - ・製造業者の名前及び住所
  - ・シリーズ名又は型式名、もし，あれば製造番号
- 必須の要求事項への適合を示すために
  - ・マーキング
  - ・文字での表示(例えば、爆発性雰囲気での使用を意図している機械に対して)
- 安全に使用するために、例えば
  - ・回転部の最大速度
  - ・工具の最大直径
  - ・機械自体及び/又は着脱可能部品の質量(kg表示)
  - ・最大荷重
  - ・保護具着用の必要性
  - ・ガードの調整データ
  - ・点検頻度

◆ 解 説

上の説明で十分である。

◆参考情報

より詳細を知りたい場合は、IEC61310-1～IEC61310-3を参照。

IEC61310-1:1995, Safety of machinery - Indication, marking and actuation - Part 1: Requirements for visual, auditory and tactile signals

IEC61310-2:1995, Safety of machinery - Indication, marking and actuation - Part 2: Requirements for marking

IEC61310-3:1999, Safety of machinery - Indication, marking and actuation - Part 3: Requirements for the location and operation of actuators

◆参考資料

1 ISO12100-2:2003, Safety of machinery －Basic concepts, general principles for design －Part 2:Technical principles

4 使用上の情報－使用上の情報とは④

③付属文書（特に，取扱説明書）：
－機械の運搬、取扱い、保管に関する情報
－機械の設置及び立上げに関する情報
－機械自体に関する情報
－機械の使用に関する情報
－保全に関する情報
－使用停止、分解、及び、廃棄処分に関する情報
－非常事態に関する情報
－熟練要員／非熟練要員用の保全指示事項の明確化

◆ 解 説

残留リスクの明示が必要である。

◆参考資料

1 ISO12100-2:2003, Safety of machinery －Basic concepts, general principles for design －Part 2:Technical principles

トピックス

- JR西日本の脱線・転覆事故やパロマ、リンナイの湯沸かし器事故に見るように，痛ましい事故や災害が相次いで起きている。そのような中，少し古いものはつい忘れかけてしまいそうになるが，大型自動回転ドアの事故については，記憶に強く残っているのではないだろうか。この事故は，2004年3月26日，六本木ヒルズ森タワー正面入り口で，6歳の男の子が大型自動回転ドアの回転してきた羽根の部分（ドア戸先）と，方立（ほうだて）と呼ばれると固定部分との間に頭を挟まれ，死亡するというショッキングなものであったからである。
- 自動回転ドアがそんなに危ないものならば，当然，安全装置は付いていなければならない。もちろん付いていた。事故のあった大型自動回転ドアには，回転ドアの羽根と方立てとの間がある程度近づくと挟まれる可能性があるので，その領域には光センサで障害物を検知する安全装置が付いていて，検知したら回転ドアは止まる構造になっていた。更に，挟まれてしまった時のことを想定して，ドアの羽根の先（戸先と呼ばれる）には接触センサが埋め込まれていて，挟まれたことを物理的に検知して，回転ドアは止まる構造になっていた。

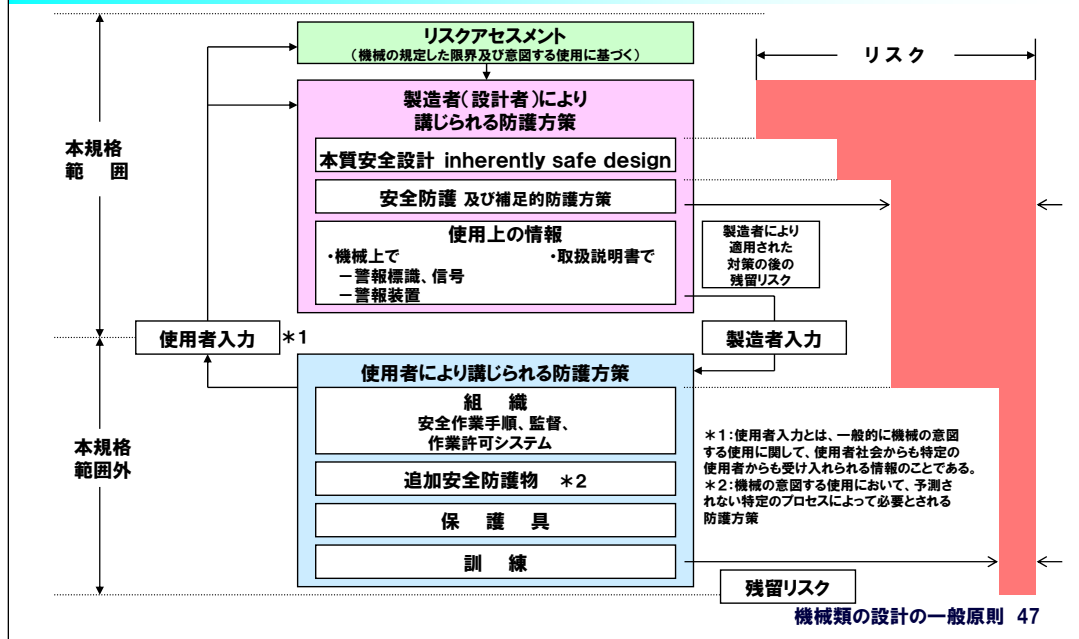
トピックス

- それでは，何故，事故が起きたのであろうか？ 当初，光センサで障害物を検知する安全装置の検知範囲は，地上80cm以上に設定されていた。しかし，簡易的に飛び込み防止用に設置したポール間に張られたテープが，強いビル風にゆれて，しょっちゅう光センサの検知範囲に入り込み，そのたびにドアーが止まってしまうため，飛び込み防止用の設備を，固定的な柵にすることが検討されたらしい。ところが，見栄えが悪くなる等の意見が出たとかで，そのまま簡易型のテープを張ったままの装置とし，その代わりに，光センサの検知範囲の方を，80cm以上から130cm以上に設定しなおしたのである。
- 飛び込んだ子供の背の高さは，117cmであった。光センサをすり抜けてしまったのである。それでも，次に接触センサがあるではないか？ 確かに接触センサは働いた。しかし，この回転ドアは，挟まれたことを検知してから止まるまでに，25cmが必要であった。急には止まれないのである。回転ドアは秒速80cmで回転していた。急に止まれないのは，回転数が早かったからだけではない。もっと悪いことは，この回転ドアの重さが，2.7tもあったことである。質量の重いものは急には止まれない。しかもステンレス製である。挟まれたらドアが歪んだり曲がったりするのではなく，人間の方がつぶされるのである

トピックス

- 事故当時、自動回転ドアに関する安全基準はあったのだろうか？ヨーロッパやアメリカには存在したものの、わが国にはなく、自動回転ドアそのものが遵守すべき規準はなかったが、この資料で説明したISO12100の要求事項に遵守したらどうであったろうか。死亡にまでいたる事故にはならなかったかもしれない。
- まず、人の進入を検知する光センサについてであるが、これを設置したまではよいとして、その設定を使用者が自由に変更できるのはまずい。当初の設定が地上80cm以上に設定されていたものを、130cm以上に設定するということは、80cmから130cmまで本来検知しなければならないものを作動しなくしたのも同然であり、「邪魔だから取り除いたことと同じ」であると考えると、これは、本来の検知範囲での作動を不作動化したに他ならない。ISO12100-2,5.3の規定「不作動化が容易にできないこと」。この規定を準用していれば、容易に設定変更などできる仕様にするべきではない。
- 扉の先端に取り付けた接触センサについてはどうか。これは、接触したら機械を停止させるタイプのセンサであるから、支援安全機能として考えていたのかどうかが問題となるものの、センサの性格上致し方ない。

トピックス

- では、扉の重量面についてはどうか。技術上は、これが最悪である。ISO12100では、本質的安全設計方策として「物理的要因に配慮した方法」という規定があり、これは本資料でも説明しているが、そこには次のことが規定されている。
- 「 可動要素の質量及び／又は速度を制限すること，すなわち運動エネルギーを制限すること。」
- ヨーロッパの回転ドアのほとんどは，重さは1t以下である。材質としてアルミニウムが用いられ，本質的に軽いのである。挟まれた時のことを考えている。森ビルの自動回転ドアは2.7tもあった。では、なぜ2.7tなのか？アルミでは見栄えが悪いのでファッション性を重視して，ピカピカ光るステンレス製の回転ドアが作られた。重くなってしまうので，一つのモータでは回らなくなる。更に二つや三つのモータを使用することになって，そして，また重くなる。その結果が，2.7tなのである。
- 自動回転ドアの基準がなくても、ISO12100を使用していれば、事故の影響を低減できたとは考えられないであろうか。

◆ 解 説

この図では、製造者と使用者の関係が示されている。製造者は、リスクアセスメントに基づいてハード（機械）に必要な安全方策を施し、残留リスクなどの情報を含んだ使用上の情報（各種説明書）を作成し、使用者に提供するまでが製造者の最低限の責任範囲となる。

使用者は、製造者から受け取った残留リスクに関する情報を含む使用上の情報（各種説明書）を遵守する必要がある。また、使用上の情報（各種説明書）に基づいて、教育・訓練、さらに独自の安全方策を施し、労働災害の減少に努める必要がある。

製造者側における安全方策が、使用者側における方策より効果的であるということに言及する必要がある。

◆参考資料

1 ISO12100-1:2003, Safety of machinery－Basic concepts, general
principles for design－Part 1: Basic terminology, methodology

まとめ ・・・・・ 第2章 機械類の設計の一般原則

1 保護方策（安全方策）は、三つに分類され、優先順位付けされている。

2 本質的安全設計方策は、大きくは二つに分類され最優先の方策である。

3 安全防護策は、三つに分類され、本質的安全設計方策を講じた後に実施される。

4 付加保護方策は安全防護策とともに、2ndステップに分類されるが、支援安全機能と考える。

5 使用上の情報は、三つに分類され、本質的安全設計方策、安全防護策及び付加を講じた後に実施される。

6 保護方策（安全方策）は、設計段階で講じる方策が優先される。

7 保護方策（安全方策）の実施は、リスクアセスメントが前提となる。リスク低減の方法論は、リスクアセスメントとリスク低減方策（保護方策／安全方策）からなる。

演習問題 A ・・・・・ 第2章 機械類の設計の一般原則

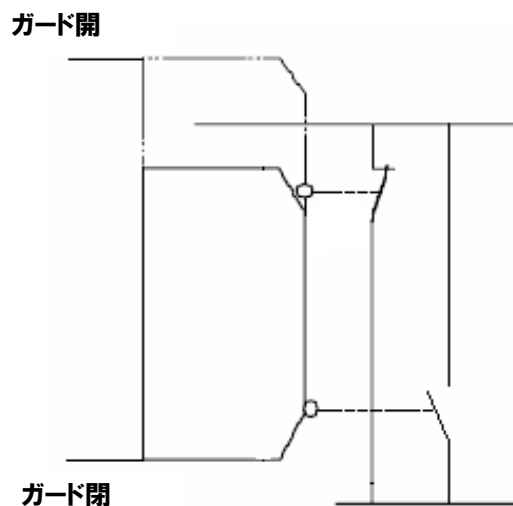
- 安全機能故障の確率を最小化する方法として、"重要構成要素の冗長化、ダイバーシティーによる方法"が示されている。保護方策(安全方策)として、例えば、インターロックガードの使用を選択した場合、冗長系、ダイバーシティーはいかに構成することができるか考えよ。

＊インターロックガードとは、ガードにインターロック装置を付加したもので、機械の制御システムと連携して、ガードが開くと機械は停止し、ガードを閉じると、機械を稼動することができるガードである(通常は、ガードを閉じたのみでは機械を稼動させることはできないが、ここでは簡略化してある)。

◆ 解 説

A. インターロックガードの場合、通常はガードの位置検出器にリミットスイッチを使うことが多い。このリミットスイッチの動作原理を異なるもので構成することによりダイバーシティーを実現できる。

例えば、下図のようにA接点のリミットスイッチとB接点のリミットスイッチを使用する。

p.10、p.13及びp.17も参考

演習問題 B　・・・・・ 第2章 機械類の設計の一般原則

- 国際安全規格では、リスク低減のための方法論として、リスクアセスメントとリスク低減方策（保護方策／安全方策）が要求されているが、わが国又はあなたの会社の「安全の考え方及びその方策」と国際規格で要求されるものの違いは何か論ぜよ。この違いには、歴史的、文化的背景を含んでよい。

参考資料　・・・・・ 第2章 機械類の設計の一般原則

1 ISO12100-1:2003, Safety of machinery —Basic concepts, general principles for design —Part 1:Basic terminology, methodology
2 ISO12100-2:2003, Safety of machinery —Basic concepts, general principles for design —Part 2:Technical principles
3 ISO13849-1:1999, Safety of machinery – Safety-related parts of control systems - Part1:General principles for design
4 IEC60204-1:1997, Safety of machinery—Electrical equipment of machines—Part 1: General requirements
5 ISO14120:2002, Safety of machinery – Guards - General requirements for the design and construction of fixed and movable guards
6 ISO14119:1996, Safety of machinery - Interlocking devices associated with guard - Principles for design and selection
7 ISO13850:1996, Safety of machinery - Emergency stop - Principles for design

参考資料　・・・・・ 第2章 機械類の設計の一般原則

8　ISO13851:2002, Safety of machinery - Two-hand control devices - functional aspects and design principles

9　ISO/IEC Guide51:1999, Safety aspects－Guidelines for their inclusion in standards

10　T.Osaka, International standards on "Safety of Machinery", the seminar on Enhancement of the International standardization Activities in Asia Pacific Region,2002.

11　宮崎、向殿,安全の国際規格-第2巻　機械安全-ISO 12100-2、機械類の安全性-設計のための基本概念、一般原則―第2部:技術原則―

12　(社)日本機械工業連合会編、向殿政男監修、ISO「機械安全」国際規格、日刊工業新聞社、1999年

13　J. Ridley, D Pearce, Safety with machinery, Butterworth-Heinemann,2006

改訂記録　・・・・・ 第2章 機械類の設計の一般原則

◆ 教 材 名:「標準化教育プログラム」個別技術分野編　機械安全分野
　　　　　　第2章 機械類の設計の一般原則

執 筆 者:明治大学 教授　向殿政男
　　　　　(社)日本機械工業連合会　宮崎浩一

制 作 日:2007年10月12日

改訂1版:2009年2月23日